

東北地方における泥炭の分布と理工学性

Distribution of peat in Tohoku district and their physical and engineering properties

ひがし	やま	いさむ	つき	だて	こう	ぞう
東	山	勇*	月	館	光	三**
おい	かわ	ひろし	つ	しま	まさ	き
及	川	洋***	対	馬	雅	己****
や	ばし	しん	よし	だ		ちから
矢	橋	吾*****	吉	田		力*****
	しん	屢				

1. はじめに

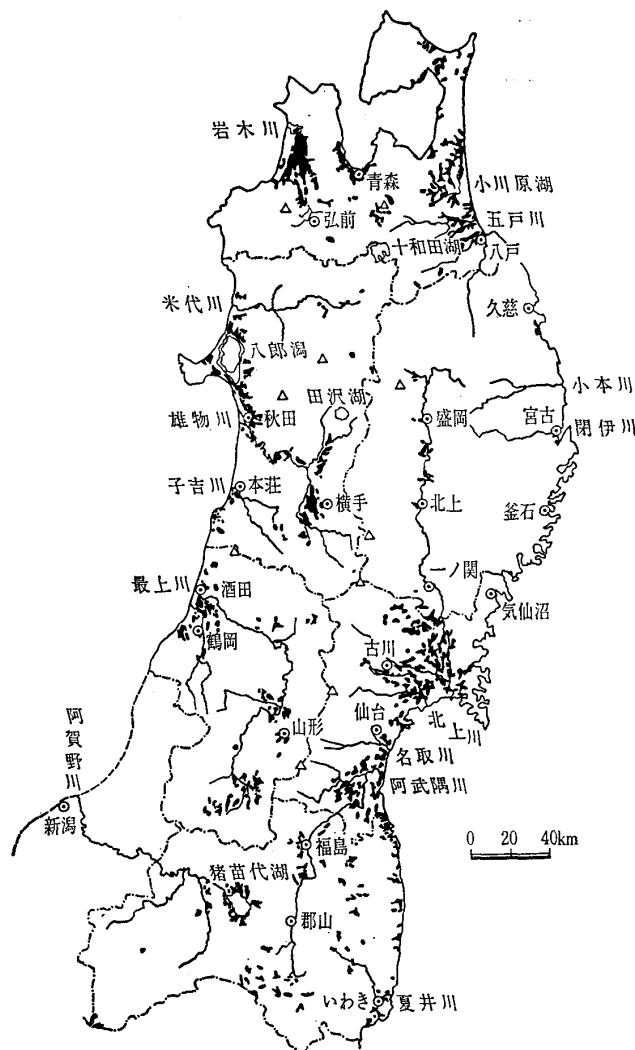
東北地方の泥炭は、沖積平野の下層に埋蔵されているものも多く、それらの地域に開発が進むまで注目されることはなかった。また、表層に及ぶ、いわゆる泥炭地帯は、従来は主として水田や原野であったため、農業上の研究はみられたが、工学的研究は余り進められていなかった。そのような事情もあつてか、面積も極めて過少に評価されていたようである¹⁾。しかし近年、高速道路の建設や国鉄線増工事²⁾、あるいはほ(圃)場整備など農業近代化に伴う諸事業により、泥炭地は、にわかに工学的な対象として注目されるようになった。ちなみに、東北新幹線の新白石—仙台ルートでは、6～7mの泥炭層とそれに続く10m程度の有機物まじりのシルト層からなる超軟弱地盤に遭遇している。これらは阿武隈川の支流である白石川のはん濫原に堆積した低位泥炭である。

東北地方の泥炭は、北海道の泥炭に比べて分解の進んだものも多く、それらは圧縮や圧密特性をはじめ、いろいろな点で違った特徴を備えている。また泥炭が更に分解した黒泥は高有機質土でありながら、鉍質土の特徴を備え西津軽平野には特に広く分布するが、そのほか東北各県に産出する。しかし北海道にはほとんど存在しない。東北のローカルソイルとして特徴的な土である。更に北海道では普通にみられる高位泥炭が、東北地方では八甲田山、鳥海山といった山岳地帯に薄層として出現するにすぎない。本報告では、北海道泥炭との対比を念頭におきながら、東北地方における泥炭の分布状況、理工学性などの特徴を明らかにしていくものである。

2. 東北地方における泥炭の分布

東北地方における泥炭の分布状況を把握するため、次のような作業を行った。経済企画庁総合開発局：土地分類図、土壤図（1973）と各県農業試験場：地力保全基本調査（土壤図）に学会誌等に掲載された諸資料を加え更に著者らのこれまでの調査資料をすべて持ちより、検討集計した。そ

*山形大学教授	農学部農業工学科
**弘前大学教授	農学部農業工学科
***秋田大学助手	鉱山学部土木工学科
****秋田工業高等専門学校講師	土木工学科
*****千葉大学助教授	園芸学部
*****山形大学助手	農学部農業工学科



図一1 東北地方における泥炭の分布

の結果が表一1および図一1である。

東北地方の泥炭地は、特殊な山間沼沢地を除いてそのほとんどがよしを主体とした低位泥炭地であり、北海道のように低位から高位泥炭への典型的な推移、分布は見られない。また黒泥については既にふれたが、表—1 から明らかなように、北海道では僅少であるが、東北では多量に存在する。更に北海道の泥炭地は、全道平野部面積の約6%に相当するが、東北地方では、これが9%にも及ぶことはその面積と共に注目に値することである。図—1 の分布図は、泥炭と黒泥を特に分けなかった。黒泥の産出する周辺からは泥炭がでるので、かえって図が見づらいと判断されたか

表一 東北地方における泥炭地面積 (単位: km²)

	平野部面積	泥炭地の種類				泥炭地全面積	泥炭地の割合 (%)
		高位泥炭	中間泥炭	低位泥炭	黒泥		
青森県	3 750.03	10.01	0	260.72	90.95	361.68	9.64
岩手県	2 444.47	14.20	0	36.50	11.10	61.80	2.53
宮城県	2 333.16	2.00	0	271.00	206.00	479.00	20.53
秋田県	3 018.88	1.97	0	184.05	63.81	249.83	8.28
山形県	2 331.64	4.00	0	78.07	61.93	144.00	6.00
福島県	2 480.77	12.00	0	79.00	102.00	193.00	7.78
東北地方合計	16 358.95	44.18	0	905.34	535.79	1 485.31	9.08
北海道合計	33 405.94	339.63	249.62	1 417.53	17.35	2 023.77	6.06

(注) 平野部面積は日本の統計 (昭和55年) 総理府統計局より

らである。東北地方の泥炭地は主要河川の流域に存在するものが多いが、泥炭が黒泥化する要因は、主に河川のはん濫による土砂の混入と地下水の低下により酸化と分解が促進されるためで、したがって両者は混存する結果となるからである。

3. 東北泥炭の基本的性質

3.1 東北低位泥炭の特徴

泥炭の母材である構成植物が異なる場合、同じ環境条件におかれても、分解の過程は異なり、その結果分解度は異なるであろうことは容易に想像しうる。北海道釧路における石塚らの測定³⁾例をみると70%前後の分解度 (水洗法) を示す低位泥炭の中にあつてよしによるものは、30数%台の値となっている。泥炭の理工学性は構成する植物によって異なる⁴⁾といわれるが、北海道と異なり、東北地方の低位泥炭は、ほとんどがよしを主体としているので、それ程の複雑さがないことが特徴の一つとしてあげられる。また分解度は内陸型の赤湯泥炭などの特殊な一部を除けば、ほとんどが70~90%の分解度を示すのでよし泥炭同志を比較する限り、東北は北海道よりはるかに分解が進んでいるといえる。表一2に各地の泥炭の分解度を示した。津軽TM-1は黒泥であり、宮城M-3は黒泥化が進みつつある泥炭である。

3.2 分解度と構造モデル

代表的な分解度試験には水洗法と比色法がある。泥炭を

表一2 試料の物理的性質

試料	採土地点 No.	比重 G_s	乾燥密度 $\rho_d(t/m^3)$	間隙比 e	分解度 $H(\%)$	強熱減量 $Lig(\%)$	重クロム酸 (%)	透水係数 $k(m/s)$
赤湯	B-4	1.663	0.124	12.45	58.60	71.30	—	1.5×10^{-8}
赤湯	J-11	1.472	0.053	26.77	38.63	85.31	—	3.6×10^{-8}
赤湯	F-13	1.556	0.081	18.21	69.73	71.48	—	4.3×10^{-8}
水沢	Z-8	1.937	0.148	12.04	80.79	47.59	42.24	9.7×10^{-8}
白山	S-6	1.836	0.099	17.55	89.77	66.86	—	8.4×10^{-7}
ゆずりは	Y-6	1.864	0.147	11.68	81.50	76.50	—	1.1×10^{-8}
宮城	M-2	1.717	0.101	16.08	80.82	75.14	68.24	3.1×10^{-8}
宮城	M-3	2.037	0.224	8.09	86.69	46.15	41.52	2.2×10^{-8}
津軽	T-1	1.938	0.156	11.42	60.43	62.60	—	—
津軽	TM-1	2.423	0.481	4.04	92.95	16.17	13.86	9.7×10^{-8}

(注) 分解度は水洗法による

構成する成分は、未分解の植物遺体から、腐植、土粒子まであり、泥炭のアルカリ浸出液の褐色の濃さから、分解度を推定する比色法は、腐植に着目している点で、より分解度の定義に近い方法である⁵⁾。水洗法は腐植ならびに土粒子などコロイド成分をはじめ、腐朽、分解の途中にある細片化された未分解遺体、更にはシルト、砂の一部まで洗い流し、残った粗大未分解のものをはかる方法である。

泥炭の構造モデルとしては、北海道泥炭を基礎にして発展させた大平の中空パイプモデル^{6),16)}がある。東北の泥炭は分解が進んでいるため、植物の茎はパイプ状を呈していない。そして繊維間には無定形コロイドの腐植および土粒子が存在している。月舘は未分解粗大植物遺体である繊維の構造組織の中に、腐植、土粒子を主体とする非繊維が存在するとして泥炭の構成を考える二成分系モデル^{7),18)}を提案した。そしてこのようなモデルは粗大未分解成分を計量する水洗法の考え方に通じるものがある。月舘は泥炭の比重、自然間隙比、透水係数が水洗法による分解度と高い相関を有することを、東北各地の泥炭について確かめ、泥炭の理工学性とかかわるような分解に関する有意な指標としての立場から、二成分系モデルに沿って分解度 (水洗法) の意義を論じた⁷⁾。

3.3 コンシステンシー

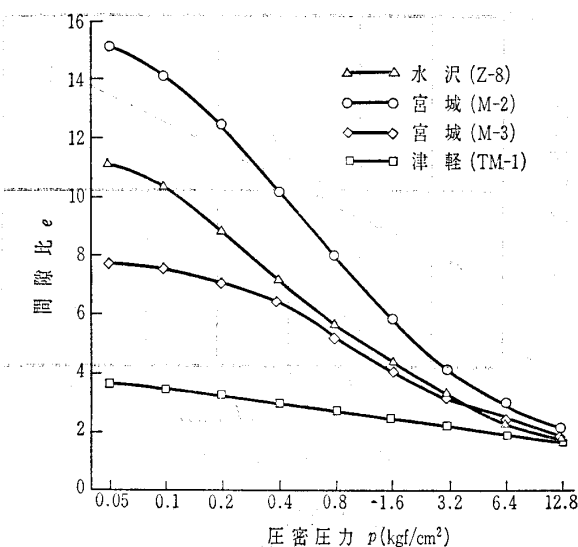
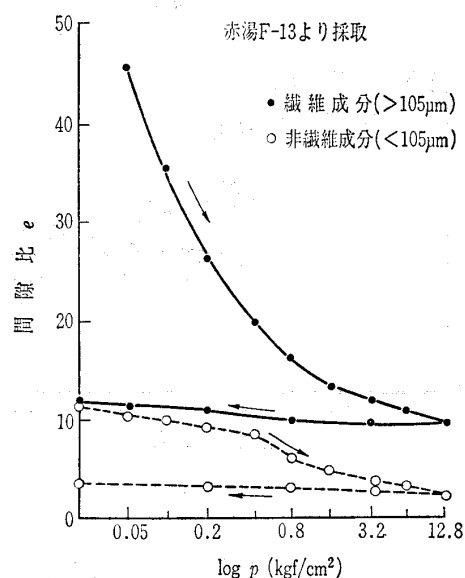
泥炭は液性、塑性限界など求めることが不可能で、また求めることの積極的意義も見あたらない材料と考えられてきた。しかし水洗法分解度に準拠した105 μ m通過部分については容易に液性、塑性限界を求めうるばかりでなく、液性限界と圧縮指数 C_c は Skempton (スケンプトン) の関係を満足する⁸⁾。また試料の程度が105 μ m以下でなくても実用的には2000 μ m以下で十分であり、気乾試料でなく生土を用いた方が実用的意義の大きい点は、黒ぼくなど低有機質土の取扱いと共通した点が多い⁸⁾。

矢橋は泥炭地の農地土工で、ブルドーザーなどの施工機械が、しばしば作業困難になる問題を分析し、生成条件や分解の程度を異にする泥炭を、三つに分類し、ルートマト、泥炭土、黒泥土として基本性状の差異を把握した上で、砂の混合によるコンシステンシー変化に着目した施工法への提言を行った⁹⁾。

4. 圧密特性

図一2に $e - \log p$ 曲線を示す。図中の記号は表一2と対応している。津軽TM-1は黒泥である。圧密を二成分系モデルに沿って実験すると図一3のようになる。圧密係数 c_σ を図一4、圧縮指数と分解度を図一5、自然間隙比と分解度がどんな関係にあるか⁷⁾ を図一6に示した。

泥炭地盤での現地観測における沈下

図-2 東北泥炭の $e \sim \log p$ 曲線図-3 両成分の $e \sim \log p$ 曲線

量と時間の関係は双曲線式¹⁰⁾がよく合うようである⁷⁾。ところで山形県下各地での泥炭地盤上の種々の盛土高における1年間の沈下量を求め分解度で整理すると図-7になる⁷⁾。当然のことながら、個々の現場の泥炭の堆積厚さなどの条件は必ずしも均一ではないが、およその傾向は把握することができる。盛土高が大になるにつれて分解度と沈下量の関係は強く表れている。

5. セン断特性

泥炭土のせん断強度特性を把握することの難しさの理由に、サンプリングおよび供試体作成の困難さがあげられている。しかし、前述のように、東北地方の泥炭はその多くが比較的分解の進んだ低位泥炭や黒泥であるため、サンプリングから試験に至るまでの操作が比較的容易な場合が多い。北海道の泥炭に対する室内強度試験例は少なく、両者を比較することはできないが、以下東北泥炭の特徴を述べ

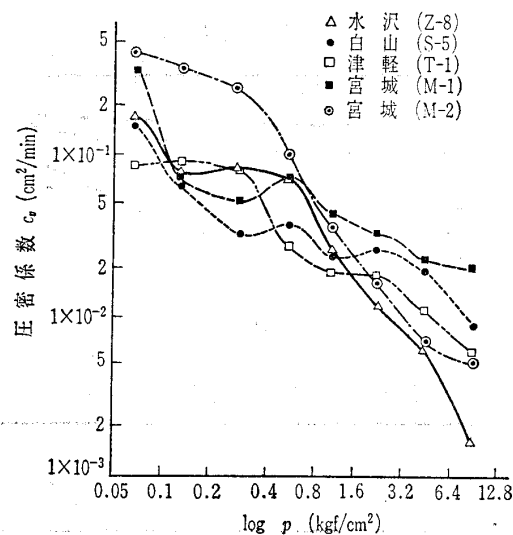


図-4 圧密係数と荷重の関係

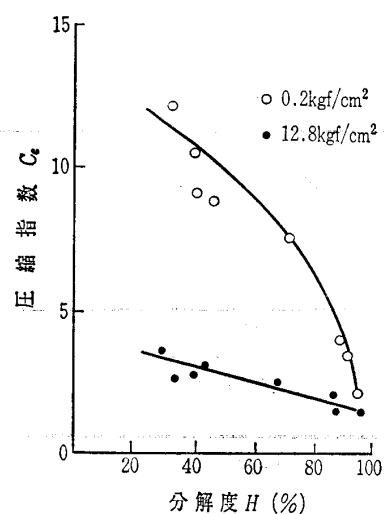


図-5 圧縮指数と分解度の関係

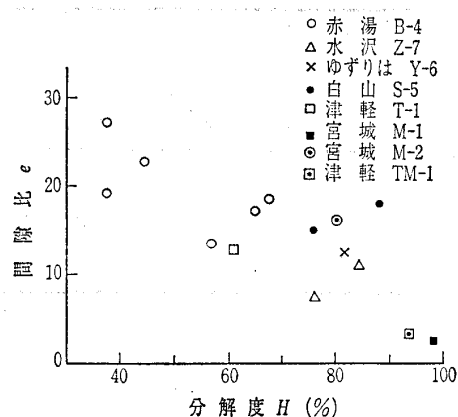


図-6 自然間隙比と分解度の関係

る。

まず、普通の鉱質土とは違って泥炭の場合、それを構成するところの主体が植物性の繊維やその分解物質であるから、強さがどのような成分から成り立っているのかが注目されよう。図-8に、一例として雄物川流域から採取した乱さない低位泥炭試料に対する等方圧密非排水三軸圧縮試験結果を示す¹¹⁾。図は破壊時の応力状態を有効応力表示で

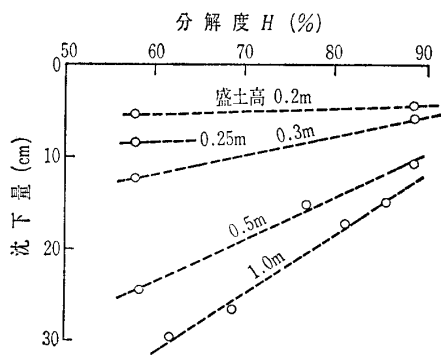


図-7 分解度と圧密沈下量の関係

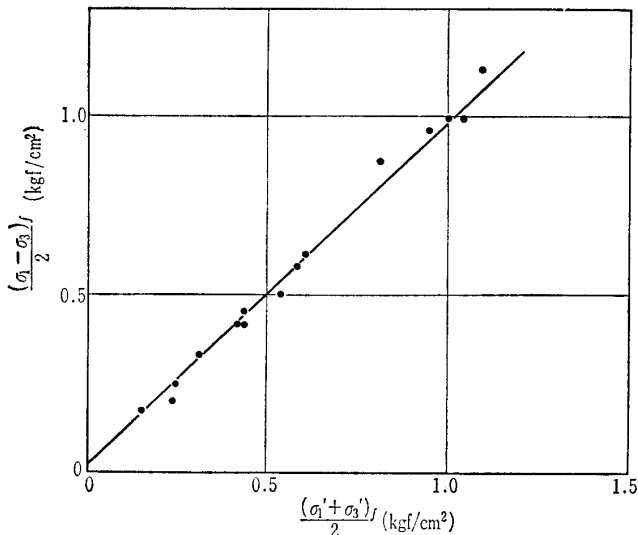


図-8 破壊時の有効応力状態 (乱さない試料)

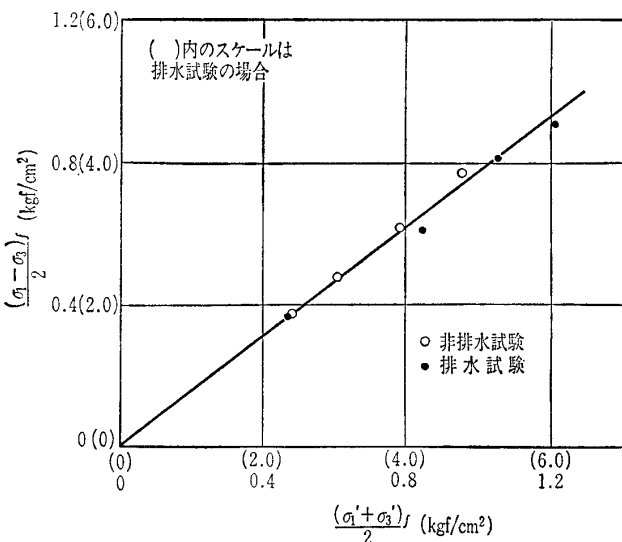


図-9 破壊時の有効応力状態 (乱した試料)

示したものである。すべてのプロットはほぼ原点を通る一つの直線上にあり、普通の土と同様、そのせん断強さは破壊面上の直応力に比例する成分と無関係な成分に分けて評価できることが明らかである。

ところで、上記の結果は有効応力解析によるものであるが、泥炭に有効応力の概念が適用できるかどうかは次の問題となる。図-9は乱した泥炭に対する結果であるが、等方圧密非排水三軸圧縮、同排水三軸圧縮試験結果を合わせ

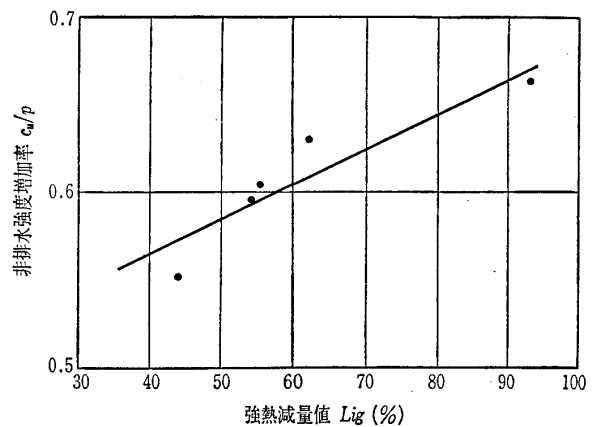
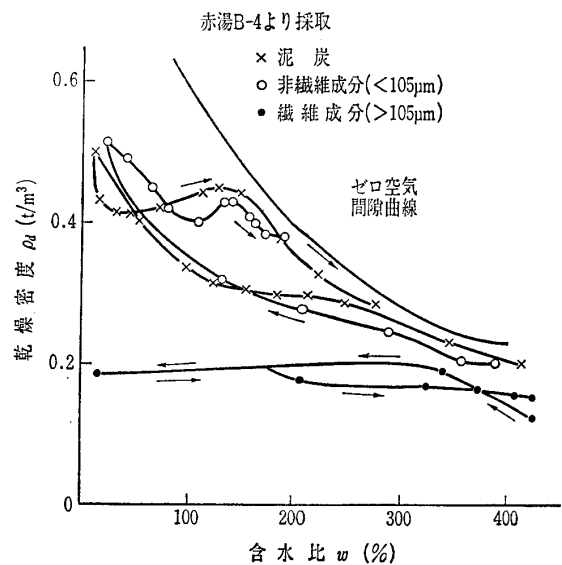
図-10 c_u/p と L_{ig} の関係

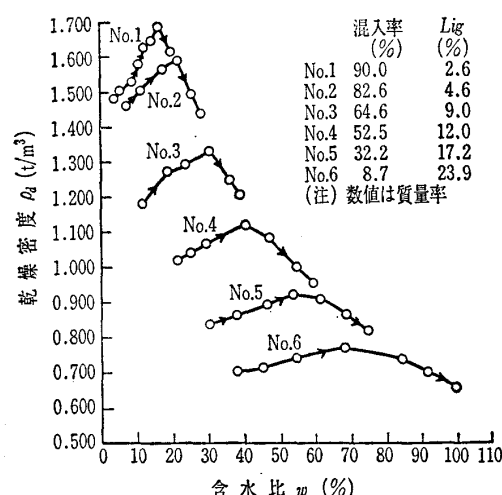
図-11 締固め曲線

て示したものである¹²⁾。図-9から分かるように、両試験結果はほぼ一致している。このような両試験結果の一致はAdams (アダムス)¹³⁾によっても示されている。もちろんこのような結果は泥炭にも有効応力の概念が適用できることを示したものと理解してよいであろう。

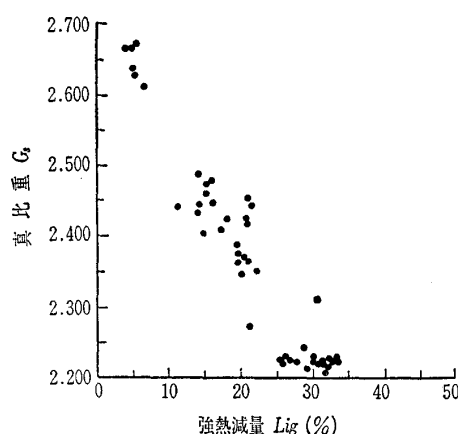
次に、非排水せん断強度 c_u の圧密による増加割合、すなわち非排水強度増加率 c_u/p (p : 圧密圧力) の問題を取りあげる。北海道の泥炭についてはベーンテストによる現地データとして0.5~1、あるいはそれ以上との報告例もある¹⁴⁾。図-10は雄物川流域および八郎潟周辺の乱さない5種類の泥炭試料について室内試験から得られたその値を強熱減量値 L_{ig} に対して示したものである¹⁵⁾。図-10によれば、 c_u/p は L_{ig} の増大に伴って増加するものの、その値はおおよそ0.5~0.7の範囲内にある。

6. 締固め特性

泥炭の締固めの曲線の一例を図-11に示す⁸⁾。生土からの乾燥過程ではピークが生ぜず、湿潤過程で初めて生ずるのは黒ぼくなど低有機質土の場合と同じである。この図に



図一12 黒泥土の締固め曲線：砂の混入による変化（繰返し法）



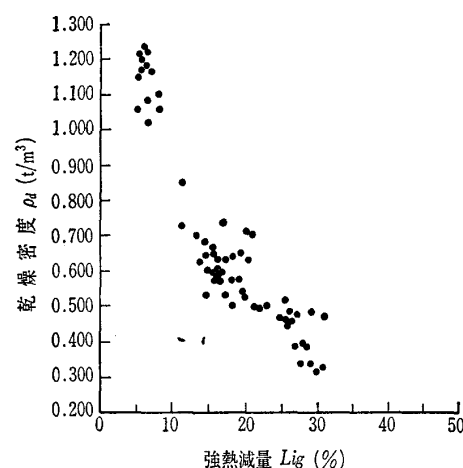
図一13 強熱減量と真比重（津軽黒泥）

も二成分系モデルに沿った実験結果を併記してあるが、繊維のみではピークが生じないことが注目される。

図一12は津軽黒泥の締固め曲線⁹⁾で砂の混入率を変化させてある。黒泥は生成条件からみても砂の混入は多く、その混入によりコンシステンシーが変わる⁹⁾ので、砂とのかかわりが重要である。図はNo. 6が原土で、それに砂（上限は420μm）を加えたものである。図一13、14は同じく強熱減量Ligと密度の関係⁹⁾であるが、砂の含有率が增加すれば密度は増大するが、強熱減量Ligは減少している。乾燥密度 ρ_d とLigは双曲線の関係にある⁹⁾。

7. おわりに

東北地方の低位泥炭について、北海道泥炭との対比を念頭におきながら説明したが、紙数に限りもあり、レオロジーの問題¹⁶⁾などは割愛した。東北泥炭は、北海道に比べると、主によしを主体とした低位泥炭が多く、分解も比較的進んでいるため、二成分系モデルの有用性が認められたが、これを更に北海道も含めて広い汎用性を持たせるために、なお多くの研究を必要とするであろう。しかし二成分系モデルは本来、材料学的な発想¹⁷⁾に端を発し東北泥炭という



図一14 強熱減量と乾燥密度（津軽黒泥）

格好の材料を得て熟したもの¹⁸⁾だけに、力学性のモデルとしての特徴は備えており、今後の研究の蓄積が期待される。

最後に東京大学教授 竹中 肇博士からは、数々の有益な示唆と適切な助言を頂いたこと、また宮城泥炭試料については、宮城農業短大 工藤祐晃教授の御好意を得たことを付記して謝意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 土質工学会編：日本の特殊土，土質工学会，pp. 141-161, 1974.
- 2) 例えば渡辺 進：国鉄・三沢～小川原間の盛土工事，施工技術，Vol. 4, No. 6, pp. 165-176, 1971.
- 3) 石塚喜明・泉谷毅一：泥炭地の農業，第一章，北農試，pp. 15-18, 1969.
- 4) 梅田安治・平岡秀展：泥炭の構成植物の識別と物理的及び力学的性質について，有機質土試験法シンポ，pp. 19-22, 1979.
- 5) 及川 洋：泥炭の有機物分解度試験方法について，土と基礎，Vol. 28, No. 9, pp. 29-34, 1980.
- 6) 大平至徳：泥炭，基本的性質と調査設計，施工技術，Vol. 4, No. 6, pp. 148-164, 1971.
- 7) 月館光三：東北地方低位泥炭地の農地工学的改良に関する研究，山形大学紀要，Vol. 8, No. 4, pp. 1-81, 1981.
- 8) 東山 勇・月館光三・吉田 力：低位泥炭のコンシステンシー試験法，有機質土試験法シンポ，pp. 27-30, 1979.
- 9) 矢橋辰吾：低平泥炭地の農地工学的改良に関する研究，弘前大学農学部学術報告，No. 36, pp. 31-120, 1981.
- 10) 及川 洋・宮川 勇：泥炭の圧密試験方法と結果の一整理方法，有機質土試験法シンポ，pp. 85-88, 1979.
- 11) 及川 洋・宮川 勇：乱さない泥炭の非排水せん断特性について，土質工学会論文報告集，Vol. 20, No. 3, pp. 91-100, 1980.
- 12) 対馬雅己・宮川 勇・岩崎恒明：有機質土の強度試験結果に関する二，三の考察，土と基礎，Vol. 25, No. 9, pp. 13-18, 1977.
- 13) Adams, J.I.: Laboratory Compression Test on Peat, Ontario Hydro Research News, Third quarter, pp. 35-40, 1962.
- 14) 宮川 勇：軟弱地盤と盛土，土と基礎の設計法(その3)，土質工学会，pp. 147-184, 1963.
- 15) 対馬雅己・宮川 勇：乱さない泥炭性有機質土の強度特性に関する実験的考察，有機質土シンポ，pp. 53-56, 1977.
- 16) 東山 勇・喜田大三・大平至徳：土壌のレオロジー，土と基礎，Vol. 28, No. 11, pp. 75-82, 1980.
- 17) 月館光三・吉田 力・東山 勇：泥炭のレオロジー的考察，農土学会土壌物理シンポ，pp. 21-41, 1976.
- 18) 月館光三：東北地方における泥炭の収縮挙動，農土論集，82, pp. 25-31, 1979. (原稿受理 1982.8.10)